

Напряом підготовки
“гірництво”
Курс геології.

Тема 6.

Геологічні процеси з активною
атмосферою.

Вивітрювання.

- Вивітрювання-це зміни гірських порід будь-якого складу і структури, яке відбувається у поверхневих умовах під сукупним впливом фізичних, хімічних і біохімічних процесів. Під впливом цих процесів гірські породи та їх мінерали у приповерхневій частині земної кори перетворюються. В процесі вивітрювання виникають своєрідні утворення, які називаються корама вивітрювання. Процеси вивітрювання відіграють виняткову роль в утворенні осадового матеріалу і передують виникненню переважної більшості осадових гірських порід.

Вивітрювання.

- Перетворення гірських порід у приповерхневих умовах обумовлене кількома факторами: коливаннями температури повітря і самої гірської породи, хімічним впливом атмосферних і порових газів і води, з яких головними є вуглекислота і кисень, біохімічним впливом органічних речовин, які утворюються в результаті життєдіяльності організмів або виникають в результаті їх перетворення після відмирання і розкладання.

Вивітрювання.

- Область, в якій відбувається перетворення мінеральної речовини, яка складає гірські породи, або дезінтеграція єдності гірських порід називається зоною вивітрювання або зоною гіпергенезу. Сам процес вивітрювання доволі складний і відбувається повільно. Він залежить від клімату, рельєфу місцевості, де виходять на пвоерхню гірські породи, розривних порушень, складу організмів, що беруть участь у вивітрюванні, а також від мінерального складу гірських порід та їх структурно-текстурних особливостей. Домінуючим фактором серед фізико-географічних процесів є клімат, від якого залежить рушійна сила процесів вивітрювання.

Вивітрювання.

- Від стану клімату і тривалості його впливу залежать глибина перетворення гірських порід і виникнення стадійності вивітрювання, яке виражається зональністю кцір вивітрювання. Із сукупності кліматичних елементів найбільше значення має загальна кількість сонячної енергії , яка виражена в температурному факторі і ступеню зволоження.
- В залежності від превалювання того чи іншого фізико-географічного і фізико-хімічного фактора виділяють такі типи вивітрювання:
 - фізичне;
 - хімічне;
 - біохімічне.

Вивітрювання.

- Фізичне вивітрювання викликається різноманітними факторами. Залежно від природи фактора, що впливає, характер руйнування гірських порід при фізичному вивітрюванні різний. В одних випадках процес руйнування відбувається усередині самої гірської породи без участі зовнішнього механічно діючого агента. До таких процесів належить зміна обсягу складових частин породи, викликана коливанням температури. Таке явище може бути назване температурним вивітрюванням. В інших випадках гірські породи руйнуються під механічним впливом сторонніх агентів. Такий процес може бути умовно названий механічним вивітрюванням. Температурне вивітрювання відбувається під впливом добових і сезонних коливань температури, що викликають нерівномірне нагрівання й охолодження гірських порід. При цьому мінеральні зерна, що складають гірські породи, зазнають то розширення, при підвищенні температури, то стиск, при її зниженні. Таким чином, у гірських породах поперемінно виникають стискаючі й розтяжні зусилля. Розширення й стиск порід більш інтенсивно позначаються в приповерхній частині порід. Найбільшому руйнуванню в результаті температурного вивітрювання піддаються полімінеральні гірські породи, такі, як граніти, габро, гнейси й ін. Різні мінерали, з яких складаються такі породи, мають неоднаковий коефіцієнт об'ємного розширення, тому при зміні температури смороду зазнають деформацій в різному ступені. До того ж коефіцієнт лінійного розширення навіть у того самого мінералу міняється в залежності від напрямку в кристалі (прояв анізотропії).

Вивітрювання.

| Назва мінералу | Коефіцієнт об'ємного розширення(за Кларком) |
|----------------|---|
| Кварц | 0,000310 |
| Ортоклаз | 0,000170 |
| Рогова обманка | 0,000284 |
| Кальцит | 0,000200 |

Вивітрювання.

| Назва мінералу | Коефіцієнт лінійного розширення при температурі 20°C |
|-------------------------|--|
| Кальцит $\parallel L_3$ | $25,6 \cdot 10^{-6}$ |
| Кальцит $\perp L_3$ | $55 \cdot 10^{-6}$ |
| Кварц $\parallel L_3$ | $7,5 \cdot 10^{-6}$ |
| Кварц $\perp L_3$ | $13,7 \cdot 10^{-6}$ |

Вивітрювання.

- У результаті тривалого впливу коливань температури й різних коефіцієнтів розширення мінералів взаємне зчеплення окремих мінеральних зерен у гірській породі порушується, вона розтріскується й розпадається на окремі уламки. На інтенсивність температурного вивітрювання впливають також забарвлення гірської породи й розміри її мінеральних зерен, що складають. Відомо, що під впливом сонячних променів (інсоляції) значно сильніше нагріваються темноколірні мінерали. Внаслідок цього швидше руйнуються темнозабарвлені, а також; грубозернисті гірські породи.

Температурне вивітрювання найбільше інтенсивно протікає в областях, що характеризуються різкими контрастами температур, особливо добових, сухістю повітря й відсутністю або слабким розвитком рослинного покриву, що зм'якшує температурний вплив на ґрунти й гірські породи. Особливо інтенсивне температурне вивітрювання в пустелях, де кількість атмосферних опадів, що випадають, не перевищує 200-250 мм/рік, мала хмарність, добові коливання температури нерідко досягають 40-50 °С, величезний дефіцит вологості.

Вивітрювання.



- Останці на горі Мань-Пупуньор, або, як їх ще називають, «мансійські боввани», являють собою стовпи вивітрювання. Ця геологічна пам'ятка розташована на території Троїцько-Печорського району Комі, в міжріччя Ічотляги та Печори

Морозне
вивітрювання.
Скелі г.
Білокуриха
(Алтай).



Вивітрювання.



- Форми аридного вивітрювання: дірчасті плити, абразійні стінки, коміркове хімічне вивітрювання(Оман)



Форми вивітрювання



Форми вивітрювання. Лімінь - Лінгуан (Китай, провінція Юннань)



Форми вивітрювання



Форми
вивітрювання.
Кападокія
(Туреччина).

Форми вивітрювання. Гора Демерджи(Крим.)



Форми вивітрювання. Гора Демерджи(Крим.)



Вивітрювання.

- Такий же механічний вплив на гірські породи спричиняють коренева система дерев і тварини, що риють. У міру розростання дерев збільшуються в розмірах їхні коріння. Вони давлять із великою силою на стінки тріщин і розсовують їх як клини й тим самим викликають розколювання породи на окремі брили й уламки. Частина таких брил виштовхується нагору. Механічний вплив роблять і різні тварини, що риють, такі, як земляні хробаки, мурахи, гризуни й ін.
Дезінтеграцію порід викликає також ріст кристалів у капілярних тріщинах і порах. Це добре проявляється в умовах сухого клімату, де вдень при сильному нагріванні капілярна вода підтягується до поверхні й випаровується, а солі, що втримуються в ній, кристалізуються. Під тиском зростаючих кристалів капілярні тріщини розширюються, що й приводить до порушення монолітності гірської породи і її руйнуванню.

Вивітрювання.

- Хімічне вивітрювання обумовлено хімічною взаємодією гірських порід з навколишнім середовищем (вода, повітря). Тому чим більше поверхня зіткнення цих двох середовищ, тобто чим більш пориста і тріщинувата порода або чим більше вона подрібнена, тим інтенсивніше вона хімічно вивітрюється. Інтенсивності хімічного вивітрювання сприяє рівнинний, слабо розчленований рельєф, що обумовлює тривале збереження продуктів вивітрювання і тривалу дію на них агентів хімічного вивітрювання. Проте визначальну роль виконують кліматичні умови. Найбільш сприятливий для хімічного вивітрювання жаркий і вологий тропічний клімат з високою середньорічною температурою, рясними опадами і чергуванням дощових і посушливих сезонів. В цих умовах хімічне вивітрювання досягає кінцевих стадій; в помірному кліматі воно сповільнюється, а в холодному (при багаторічній мерзлоті) практично не відбувається: там навіть органічна тканина розкладається дуже повільно (трупи тварин в мерзлому ґрунті зберігаються майже без змін протягом тисячоліть).

Вивітрювання.

- Головним чинником хімічного вивітрювання є поверхнева і ґрунтова вода з розчиненими в ній вуглекислотою і киснем повітря (в 1 л дощової води міститься до 30 см³ газу, третю частину якого складає кисень, десяту — вуглекислий газ і більше половини — азот). Крім того, дощова і тала вода, просочуючись через ґрунт, насичається органічними кислотами і мінеральними з'єднаннями, що додають їй окислювальні або лужні властивості. При взаємодії з породами і продуктами їх руйнування вода втрачає одні складові частини і збагачується на інші, тобто змінює хімічний склад не тільки гірських порід, але і свій і поступово втрачає хімічну активність. Тому найінтенсивніше хімічне вивітрювання виявляється на поверхні. З глибиною, з втратою кисню і вуглекислоти, а також з насиченням води розчиненими речовинами, інтенсивність хімічного вивітрювання знижується. Глибина дії хімічного вивітрювання визначається рівнем ґрунтових вод, нижче за яке вода майже позбавлена вільного кисню. Звичайно вона не перевищує 20—30 м. Проте в зонах тектонічних порушень, що характеризуються інтенсивною тріщинуватістю порід, вода, не втрачаючи активності, швидко просочується вниз і глибина хімічного вивітрювання значно збільшується (іноді до декількох сотень метрів).

Вивітрювання.

- Типи реакцій при хімічному вивітрюванні різні залежно від складу гірських порід, умов температури і вологості і від характеру самих хімічних процесів (з втратою, привнесенням або обміном речовини). При хімічному вивітрюванні можуть відбуватися: окислення, гідратація, рідко дегідратація, розчинення, гідроліз, карбонатизація і відновлення. Деякі реакції, наприклад розчинення хлористого натрію, ендотермічні, а велика частина — екзотермічні.
- Окислення супроводжується переходом закисних низьковалентних сполук в окисні високовалентні і часто зміною синюватого і зеленуватого забарвлення мінералів і порід на червоне і жовте. Прикладом може служити окислення магнетиту і перехід його в гематит в умовах жаркого клімату:
- $4\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{O}_2 \longrightarrow 6\text{Fe}_2\text{O}_3$.
- Окислення супроводжується руйнуванням кристалічних ґраток магнетиту і перетворенням його в аморфну масу, з якої утворюється гематит. Заміщення магнетиту гематитом називається мартитизацією, а псевдоморфози гематиту по магнетиту — мартитом. Гідратація широко поширена в природі і виражається в утворенні нових водних сполук шляхом адсорбції (поглинання поверхнею молекул речовини води кристалізації). Характерна, наприклад, гідратація ангідриту, який під впливом підземних вод переходить в гіпс.

Вивітрювання.

- Розчиненням називається здатність молекул однієї речовини розповсюджуватися унаслідок дифузії в іншій речовині без зміни їх хімічного складу. Найпоширеніший в природі розчинник — вода — ніколи не буває хімічно чистою. Вона завжди містить в розчині або в колоїдному стані різні речовини і зокрема велику частину відомих хімічних елементів. Присутність у воді водневих і гідроксильних іонів, кисню і вуглекислоти повідомляє їй окислювальні властивості, а також посилює її окисляючу дію на гірські породи і мінерали. Всі природні речовини розчиняються в тому або іншому ступені, але особливо деякі осадові породи — калієві і кам'яна солі, гіпс і вапняки, в результаті вилугування якого утворюються величезні карстові порожнини. Розчинення дуже широко поширено в природі. Наприклад, тільки в Євразії щорічне винесення річками в моря і океани розчинених хімічних речовин оцінюється в 337 млн. т.

Вивітрювання.

- В тропіках процес продовжується до латеритової стадії:
- $H_4Al_2Si_2O_9 \longrightarrow H_2Al_2O_4 + SiO_2 \cdot nH_2O$
- Каолініт Латерит
- Оскільки алюмосилікати і силікати складають більше половини об'єму земної кори, гідроліз є однією з найхарактерніших і важливіших реакцій хімічного вивітрювання.
- У результаті узагальнення величезного матеріалу з питань вивітрювання Б. Б. Полинов розділив найпоширеніші елементи гірських порід по ступеню їх розчинності і рухливості (по міграційній здатності) на п'ять порядків .

Вивітрювання.

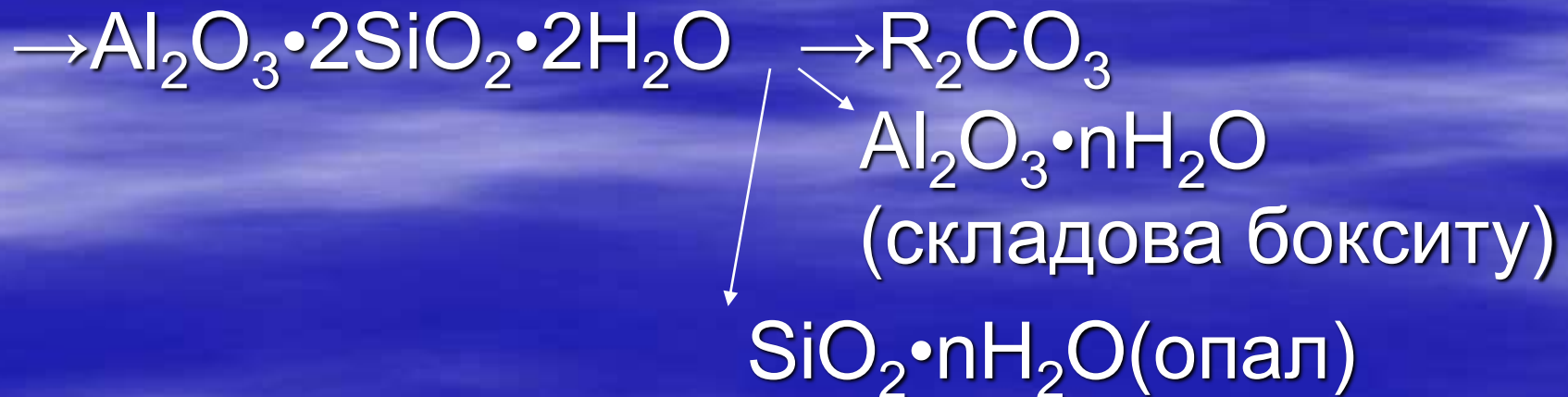
Міграційні ряди елементів та їх склад

| Міграційні ряди елементів | Склад |
|---------------------------|----------------------------|
| Енергійно виносяться | С1, (Вг, J), S |
| Легко виносяться | Ca, Na, Mg, K |
| Рухомі | SiO ₂ (у складі |
| Інертні (слабкорухомі) | силікатів), P, Mn |
| Практично нерухомі | Fe, Al, Ti |
| | SiO ₂ (кварцу) |

Вивітрювання.

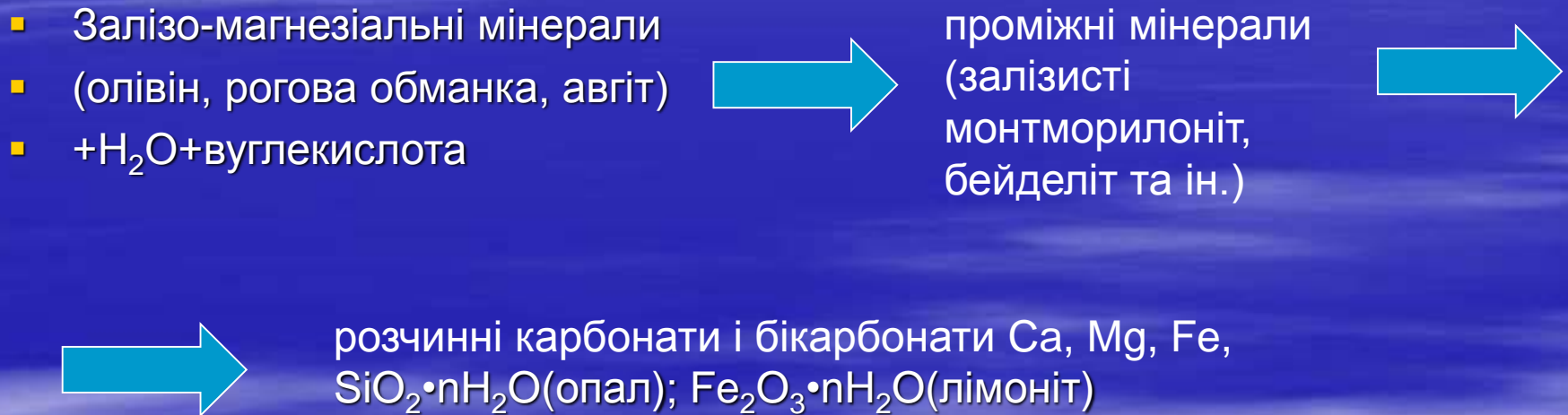
- В цілому весь процес розкладання алюмосилікатів при впливі води може бути представлений схемою:

- $R_2O \cdot Al_2O_3 \cdot nSiO_2 \rightarrow$ проміжні мінерали (переважно гідрослюди)



Вивітрювання.

- Залізо-магнезіальні мінерали розкладаються за такою схемою:



Вивітрювання.

- Біохімічне вивітрювання. В хімічному розкладанні первинної речовини беруть участь не лише хімічні сполуки, які знаходяться в природних водах в колоїдній формі або у вигляді істинних розчинів. але й хімічні кислоти і сполуки. утворені в результаті життєдіяльності організмів. Таким чином, виявляється значна роль живої речовини у перетворенні порід. Вперше поняття про живу речовину в науку ввів В.В.Вернадський, який вважав, що жива речовина є акумулятором і перерозподільувачем сонячної енергії. Згідно його уявлень, під впливом сонячної енергії жива речовина створює нові хімічні сполуки і виконує у величезних масштабах біохімічну роботу.

Вивітрювання.

- Біохімічний вплив на гірські породи починається з моменту першої появи на скельних породах мікроорганізмів. лишайників та мохів. В результаті механічного впливу та від речовин, що виділяються в процесі їх життєдіяльності на поверхня порід з'являються тріщини та заглиблення, які заповнюються після їх відмирання сухою органічною речовиною. Вона служить основою для життєдіяльності вищих рослин, які потім заповнюють ці місця. Таким чином, первинні поселенці немов би підготовлюють основу для наступного заселення. Роль організмів у вивітрюванні полягає в тому, що вони в процесі свого росту вилучають з породи необхідні для своєї життєдіяльності елементи, але одночасно своїм корінням руйнують породу. До біогенних елементів належать : S, K, Ca, Mg, Na, Sr, B, Fe, Si.

Вивітрювання.

- При аналізі зольного залишку рослин виявлено, що в рослинах міститься в десятки разів більше фосфору та сірки, в кілька разів більше Ca, Mg, Sr, ряду мікроелементів, ніж в субстраті. Разом з тим, присутність в золі кремнію та алюмінію свідчить про те, що на скельних породах рослинність порушує зв'язок між кремнеземом та глиноземом, хоча зв'язок між SiO_2 і Al_2O_3 є одним з найбільш міцних у кристалічній решітці алюмосилікатів. Разом з тим, живі організми не лише вилучають з порід елементи, руйнуючи їх, але й своєю діяльністю створюють певні біогенні сполуки. наприклад кремнійорганічні сполуки.

Вивітрювання.

- Роль біохімічного вивітрювання полягає також в тому, що частина організмів в процесі своєї діяльності створюють кисле середовище, виділяючи органічні кислоти, під впливом яких прискорюється процес вивітрювання. В процесі перетворення відмерлої органічної речовини утворюються вуглекислота та органічні кислоти, які значно посилюють розчинення і гідроліз породотвірних мінералів. Інтенсивність біохімічного вивітрювання залежить від величини біомаси. Її в тропічному кліматі (у вологих тропічних лісах) на порядок вище, ніж у тайзі (відповідно 2,6 і 0,35-0,55кг/м²). Внаслідок високої концентрації рослинного опаду в тропічних вологих та гумідних областях ґрунтова реакція кисла, і, таким чином, агресивні води доволі легко руйнують кристалохімічні зв'язки.
- Таким чином. біохімічне вивітрювання складається з двох процесів: механічного руйнування корінних порід або механічного вивітрювання і хімічного розкладання уламків та зерен.

Вивітрювання.

- Продуктами вивітрювання є кори вивітрювання, елювій та ґрунти.
- Елювій - це продукти звітрювання, які залишилися на місці свого утворення. Відрізняються відсутністю шаруватості та сортування.
- Кори звітрювання-це комплекс гірських порід, що виникли у верхній частині літосфери в результаті перетворення в континентальних умовах магматичних, метаморфічних та осадових порід під впливом різних факторів звітрювання.
- Ґрунт-це трьохвимірне природне тіло, складене неконсолідованими відкладами, які зазнали впливу діяльності живих організмів . За В.Вільямсом - це пухкий верхній горизонт суші, здатний виробляти урожай рослин.

Вивітрювання.

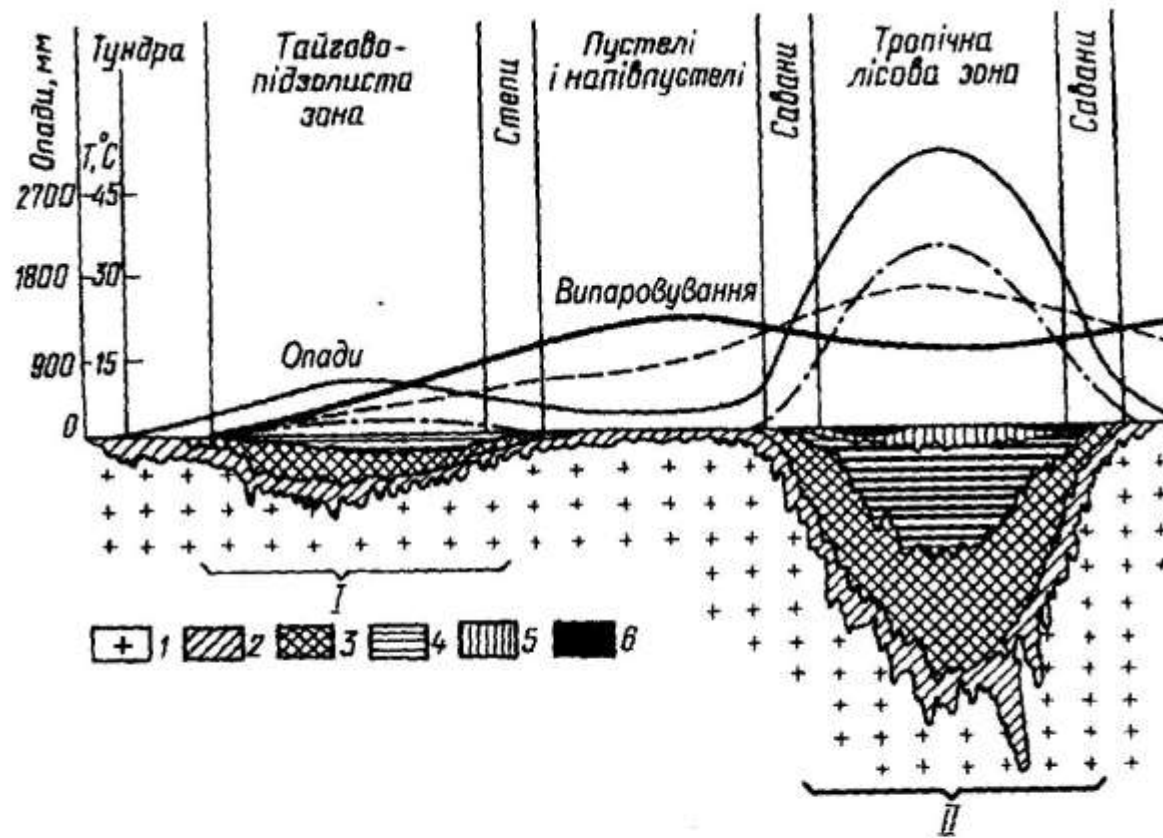


Рис. 12. Схема утворення кори вивітрювання на тектонічно неактивних площах (за М.М.Страховим):

1 — корінна порода; 2 — зона жорсткості, хімічно малозміненої; 3 — гідрослюдисто-монтморилонітово-бейделітова зона; 4 — каолінітова зона; 5 — зона вохри Al_2O_3 ; 6 — панцир $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ (опади позначено ———, випаровування — ———, температуру — — — — —, рослинний відпад — — — — —); I та II — відповідно зони звичайної та підвищеної рухомості компонентів

Кора вивітрювання.



Каолінова кора
вивітрювання.
Родовище каолінів
Полонне(Хмельницька
обл.)

Вивітрювання.

- Найпотужніша кора (до 100 м і більше) формується у вологих тропіках та субтропіках. У верти кальному розрізі такої кори спостерігається закономірна зміна елювіальних горизонтів. Безпосередньо на незмінній материнській породі залягає зона роздрібненої корінної пороли, хімічно малозміненої (зона жорстви на рис. 12), вище залягає гідрослюдисто-монтморилонітово-бейделітова зона, потім каолінітова зона з включеннями гідроксидів заліза і, нарешті, верхня частина кори, складена гідроксидами заліза, алюмінію і частково силіцію. Ця частина кори забарвлена сполуками заліза та алюмінію в червоний колір (колір випаленої цегли), звідки і назва кори подібного типу — *латеритна* (від лат. *later* — будівельна цегла-сирець). Латерити й справді в деяких країнах (наприклад, у Індії) використовуються як цегла для потреб будівництва. У своїй верхній частині вони тверді, тому їх часто називають панцирями, чи кірасами. Всі зазначені горизонти кори не мають різких границь і поступово переходять один в одного. Латеритна кора поширена на великих територіях у Африці, Південній Америці, Австралії на архейських та протерозойських породах основного та ультраосновного складу.

Вивітрювання.

- В тайгово-підзолистій зоні формується *каолінова кора* вивітрювання набагато меншої потужності. У цьому разі в розрізі кори немає верхнього латеритного горизонту і безпосередньо на поверхню виступає каолінітовий горизонт, складений білим каолінітом, зернами кварцу, нерозкладеними зернами польових шпатів та листочками слюд. Кора подібного типу часто розвивається на гранітних масивах і відома, наприклад, на Уралі.

Вивітрювання.



Розріз кори вивітрювання бокситоносних латеритів: 1 - заліzysta кіраса і зона вільних гідроксидів алюмінію і заліза; 2 - зона глинистих порід; 3 - зона дезінтеграції та початкової гідратації; 4 - незмінені породи.

Вивітрювання.

- В умовах степів та саван формується *гідрослюдисто-монтморилонітово-бейделітова кора*. У цьому випадку мала кількість атмосферних опадів не сприяє активному гідролізу і тому із повного вертикального профілю кори випадають два верхніх горизонти.
- У пустельних і напівпустельних районах, а також у
- тундрі, де різко переважають процеси фізичного вивітрювання, розвивається **уламкова кора**, в профілі якої часто виділяються згори донизу пилуваті породи, жорсткі, щебінні, брили, тріщинуваті породи, які поступово переходять у незмінені материнські породи.

Вивітрювання.

- Вертикальна зональність кір вивітрювання пояснюється інтенсивністю процесів вивітрювання — останні найактивніше протікають у приповерхневих зонах, де води збагачені на вуглекислоту та органічні кислоти, й поступово затухають з глибиною, найглибше занурюючись у тріщинуватих зонах.
- Деякі дослідники на підставі зональності кір вивітрювання ввели поняття стадійності процесів вивітрювання.

Вивітрювання.

- Згідно з їхніми уявленнями, виділяють чотири *стадії вивітрювання*:
- **уламкова**, на якій переважає фізичне вивітрювання і нагромаджуються уламки первинних гірських порід;
- **сіалітна** (термін походить від поєднання назв хімічних елементів Si і Al) обвапнена, яка відповідає початку хімічного вивітрювання і під час якої первинні силікати гідратуються і перетворюються на гідрослюди, монтморилоніт, нонтроніт, бейделіт; утворюються і конкреції кальциту;
- **кисла сіалітна**, на якій відбувається подаліше глибоке перетворення силікатів і утворення глинистих мінералів — каолініту, нонтроніту; в цьому горизонті вже повністю зникають текстурні ознаки первинних порід;
- **алітна** — характеризується повним розкладом силікатів та утворенням стійких у поверхневих умовах сполук — гідроксидів алюмінію, заліза та силіцію.

Вивітрювання.

- Процеси вивітрювання тією чи іншою мірою проявляються і в осадових породах. Так, фізичне вивітрювання пісковиків може призвести до перетворення їх на пісок, вапняків — до формування уламкового матеріалу. Хімічне вивітрювання вапняків супроводжується утворенням поверхневих та глибинних форм карстового рельєфу, в яких часто спостерігають нерозчинені глинисті продукти, збагачені на сполуки заліза чи алюмінію (так звана *terra rossa* — червона земля). Вивітрювання доломітів та доломітизованих вапняків приводить до утворення сипкої "доломітової муки". Потужність кори вивітрювання на осадових породах здебільшого невелика — 5...10 м.
- За часом формування кори вивітрювання поділяють на сучасні та давні. Перші з них переважно невеликої потужності, недорозвинені, й у верхній їхній частині розвиваються сучасні ґрунти. Серед давніх кір вивітрювання
- відомі докембрійська, девонська, мезозойська та палеогенова кори. Характеризуються вони вертикальною зональністю та значною потужністю — до 100 м і більше.

Вивітрювання.

- Корисні копалини, пов'язані з корамаи вивітрювання.
- При механічному вивітрюванні мінералоутворення к фізико-хімічний процес відсутнє, але відбувається вивільнення найбільш механічно і хімічно стійких мінералів з породи , їх наступне перенесення та відкладання. При цьому відбувається механічна диференціація як за розміром уламків та за їх густиною. Формуються розсипи.

Вивітрювання.

Основні мінеральні асоціації, що утворюються при механічному вивітрюванні

| Типи розсіпів | Вихідні породи | Мінерали | | |
|---------------|---|---|--|---------------------------|
| | | головні | типоморфні і другорядні | ті, що утворюють родовища |
| Золотоносні | Кварцеві грейзени, метаморфічні породи | Кварц, польові шпати | Гранати, магнетит, турмалін, ільменіт, рутил, циркон | Золото |
| Алмазоносні | Кімберліти | Олівін, діопсид | Піроп, ільменіт, гросуляр, магнетит | Алмаз |
| Титанові | Титаноносні інтрузії, пегматити, пневматоліти | Кварц, ільменіт, рутил, сфен, польові шпати | Рутил, ільменіт, монацит, циркон, гранати | Рутил, ільменіт, сфен |

Вивітрювання.

| Типи розсипів | Вихідні породи | Мінерали | | |
|----------------------|---|--|--|--|
| | | головні | типоморфні і другорядні | ті, що утворюють родовища |
| Цірко-нієві | Лужні і гранатоїдні породи і пегматити | Кварц, польові шпати, циркон, монацит | Циркон, монацит, рутил, ільменіт, гранати | Циркон |
| Олов'яно-вольфрамові | Гранітоїди, грейзени, скарни, кварцеві жили | Кварц, польові шпати, каситерит, шееліт, вольфраміт | Каситерит, вольфраміт, рутил, гранати | Каситерит, шееліт, вольфраміт |
| Тантало-ніобієві | Гранітоїди, пегматити, грейзени | Кварц, польові шпати | Танталіт, колумбіт, циркон, гранати | Танталіт, колумбіт |
| Дорогоцінних каменів | Пегматити, кварцеві жили, скарни, грейзени | Кварц, польові шпати, гірський кришталь, рубін, берил, топаз, сапфір | Гірський кришталь, моріон, рубін, берил, сапфір, топаз | Гірський кришталь, моріон, топаз, рубін, сапфір, берил |

Основні мінеральні асоціації, що утворюються при хімічному вивітрюванні

| Види вивітрювання | Породи, що руйнуються | Мінеральні родовища, що утворюються | Мінерали | | |
|-------------------|---|-------------------------------------|---|--|---|
| | | | головні | другорядні | ті, що утворюють родовища |
| Латеритне | Алюмо-силікатні | Бокситові | Гідраргіліт, діаспор, бьоміт | Каолініт, гетит | Боксити, (гідраргіліт, діаспорбьоміт) |
| | Ультраосновні, основні, лужні | Силікатно-нікелеві | Серпентин, нонтроніт, гетит, монтморилоніт, хлорити | Кальцит, магнезит, халцедон, опал, гіпс | Ні-вміщуючий нонтроніт, гетит |
| | Залізовміщуючі основні і середні породи | Бурих залізняків | Гетит, гідрогетит, діаспор, гідраргіліт, каолініт, хлорити | Гідроокисли Fe, Mn, Ni, Co та інш. | Гідроокисли Mn, Fe, Ni, Co та інш. |
| Каолінітове | Алюмо-силікатні | Каолінів | Каолініт | Монтморилоніт, халцедон, опал, гетит | Каолініт |
| Сульфідно-окисне | Сульфідні міді | Куприт, гетит, малахіт та інш. | Гетит, лімоніт, ковелін, халькозин, борніт, малахіт, халцедон, гіпс | Золото, самородна мідь, азурит, арагоніт | Борніт, халькозин, ковелін, малахіт, золото |

Вивітрювання

Еолові процеси.

- Рух повітря у горизонтальному напрямку називається вітром. При переміщенні повітряні маси тиснуть з силою на перешкоди, чим більша швидкість переміщень, тим більша ця сила: $p=0,125v^2$ (кг/м²). Найбільші швидкості вітру спостерігаються в Антарктиці (середньорічна швидкість вітру на Землі Аделі- 19м/с, в окремі дні- 65м/с). В тропіках швидкості вітру зростають при ураганах до 110-130м/с. Головною причиною вітрів є нерівномірний розподіл тиску повітря на Землі внаслідок нерівномірного нагрівання повітря поверхні.

Болові процеси.

| Баллы Бо- форта | Скорость ветра (м/сек) | Характерис- тика ветра | Оценка ветра на глаз |
|-----------------------|------------------------------|---------------------------|--|
| 0 | 0–0,5 | Штиль | Дым поднимается вертикально, листьа неподвижны |
| 1 | 0,6–1,7 | Тихий | Ветер ощущается как легкое дуновение, дым слегка отклоняется в сторону |
| 2 | 1,8–3,3 | Легкий | Дуновение ветра чувствуется лицом, листьа шелестят |
| 3 | 3,4–5,2 | Слабый | Листья и тонкие ветви постоянно колышутся |
| 4 | 5,3–7,4 | Умеренный | Привольются в движение тонкие ветви деревьев, поднимается с земли пыль |
| 5 | 7,5–9,8 | Свежий | Колеблются сучья и тонкие стволы деревьев |
| 6 | 9,9–12,4 | Крепкий | Качаются толстые сучья деревьев, гудят телеграфные провода |
| 7 | 12,5–15,2 | Сильный | Качаются стволы деревьев, гнутся большие сучья, неудобно идти против ветра |
| 8 | 15,3–18,2 | Очень крепкий | Ломаются ветви и сухие сучья, затрудняется движение |
| 9 | 18,3–21,5 | Шторм | Небольшие разрушения |
| 10 | 21,6–25,1 | Сильный шторм | Значительные разрушения; деревья вырываются с корнем |
| 11 | 25,2–29,0 | Жестокий шторм | Большие разрушения |
| 12 | >29,0 | Ураган | Опустошающее действие |

Шкала Бофорта

Еолові процеси.

- **Типи сильних вітрів. Циклони** - це гігантські атмосферні вихори з спадаючим до центру тиском та циркуляцією атмосфери навколо центру в північній півкулі проти годинникової стрілки, а в південній півкулі - за годинниковою стрілкою. В початковій стадії діаметр циклону сягає 1000 км, а в кінцевій значно більше. Швидкість вітру в циклонах. рідко коли перевищує 20 м/с.

Еолові процеси.

- **Тропічні циклони** – атмосферні вихори діаметром в декілька сотень кілометрів з центром, який називають «оком», де панує дуже низький тиск та відсутня хмарність. Швидкість вітру в тропічних циклонах сягає 70 м/с і більше. В Атлантиці їх називають ураганами, в західній частині Тихого океану - тайфунами. Поведінка тропічних тайфунів непередбачена, а тому їх іменують жіночими іменами. В провідних країнах світу є центри попередження тайфунів. Тропічні тайфуни небезпечні не тільки сильними вітрами, а й нагоном морської хвилі, яка змиває все на своєму шляху. Циклон, який пройшов над Індійським океаном в (970 році з швидкістю вітру 240 км/год, обрушився на сотні густо населених островів в Бенгальській затоці, піднявши хвилі в дельті Гангу до 10м. Цей циклон забрав життя 1,5 млн. чоловік. Під час урагану на Кубі, в 1963 році, загинуло 1126 чоловік. Не менш руйнівними є тайфуни. У вересні 1966 року на Токіо навалився тайфун з швидкістю вітру до 150 км/год. Як наслідок - сотні вбитих та поранених, тисячі людей залишились без житла, тайфун завдав величезних матеріальних збитків. Щорічно над морем та сушею проносяться від 80 до 100 тайфунів, забираючи життя 20000 чоловік та залишаючи за собою зруйнування на мільярди доларів США.

Еолові процеси.

- Смерчі, які в Європі називають тромбами, а в Америці торнадо, схожі на тропічні циклони, але значно менші їх, не більше 3 км в діаметрі, в середньому 200-300 м. Рух повітря в самому смерчі відбувається від землі по спіралі вгору, з швидкістю на периферії вихору, який досягає швидкості звуку (330 м/с або 1200 км/год), а інколи і перевищує її. Сила смерчу дуже велика. Наприклад, товста дошка пробивається тріскою ніби кулею, без яких-небудь тріщин. На висоті до 2 км смерч з'єднується з воронкою, яка спускається з потужних дощових хмар. В середині смерчу знаходиться хмарність дуже низького тиску, тому він ніби втягує та підіймає у повітря важкі предмети, руйнує найміцніші будівлі. Смерчі зароджуються в різних регіонах планети, але найчастіше вони бувають в Америці. Зароджуючись в Центральній Америці, смерчі рухаються на континент. Наприклад, весною 1971 року на долину Міссісіпі рухалось більше 50 смерчів.
- В Німеччині поблизу м. Геттінгена виник тромб, який рухався до масиву Гарц і виорав дві борозни завдовжки 13 і 16 км, провалив 56000 дерев і зруйнував багато будівель.

Еолові процеси.

- **Бурі та шторми** зв'язані з циклонами і в різних місцях земної кори мають різні назви: пилові бурі, які переносять багато матеріалу; самуми, котрі заносять все піском та пилюкою; шторми на морі. Історія пам'ятає загибель від пилової бурі армії Персидського царя Камбіза від розжареного самуму, який заніс все піском та пилюкою.
- Вітер здійснює велику геологічну роботу. Він змінює вигляд Землі, руйнуючи породи та мінерали і переносячи їх у інше місце. Крім того, вітер впливає на всі екзогенні процеси. Він переносить вологу, регулює клімат та процеси вивітрювання. Значна роль належить вітру у здійсненні великого кругообігу води. Морські хвилі своїм походженням зобов'язані також вітру.
- Вітер виконує, руйнівну, транспортуючу та акумулюючу роботу.

Еолові процеси. :

- Діяльність вітру проявляється в багатьох кліматичних зонах, але найбільше в областях з сухим кліматом, де є специфічні умови:
 1. Різкі добові зміни температури, що обумовили високу інтенсивність процесів фізичного вивітрювання;
 2. Незначна кількість опадів, не більше 200-250мм/рік;
 3. Перевищення випаровування в 3-5 разів на кількістю опадів;
 4. Розрідженість рослинного покриву, або повна його відсутність;
 5. Часта повторюваність вітрів великої сили.

Еолові процеси. :

- **Дефляція** - це безпосередня дія вітру на сипкі породи. Існує декілька видів дефляції.
- Площинна дефляція діє там, де швидкість вітру велика, а рослинне покриття мале або взагалі знищене людиною. Сильний вітер здуває верхній шар ґрунту, а інколи і все ґрунтове покриття. Суховії, або чорні бурі, це велика біда для України та Європейської частини Росії. Так, в Україні в 1892 році в одних місцях здуло близько 20 см чорнозему, а в інших намело бугри до 4 м. В 1960 році знову ж в Україні глибина проникнення дефляції склала 12 см, а в повітря на висоту більше 2 км було піднято близько 25 км³ родючого ґрунту. Ерозія ґрунтів приносить великий збиток багатьом країнам світу.

Еолові процеси. :



- Пилова буря (Астана, Казахстан).

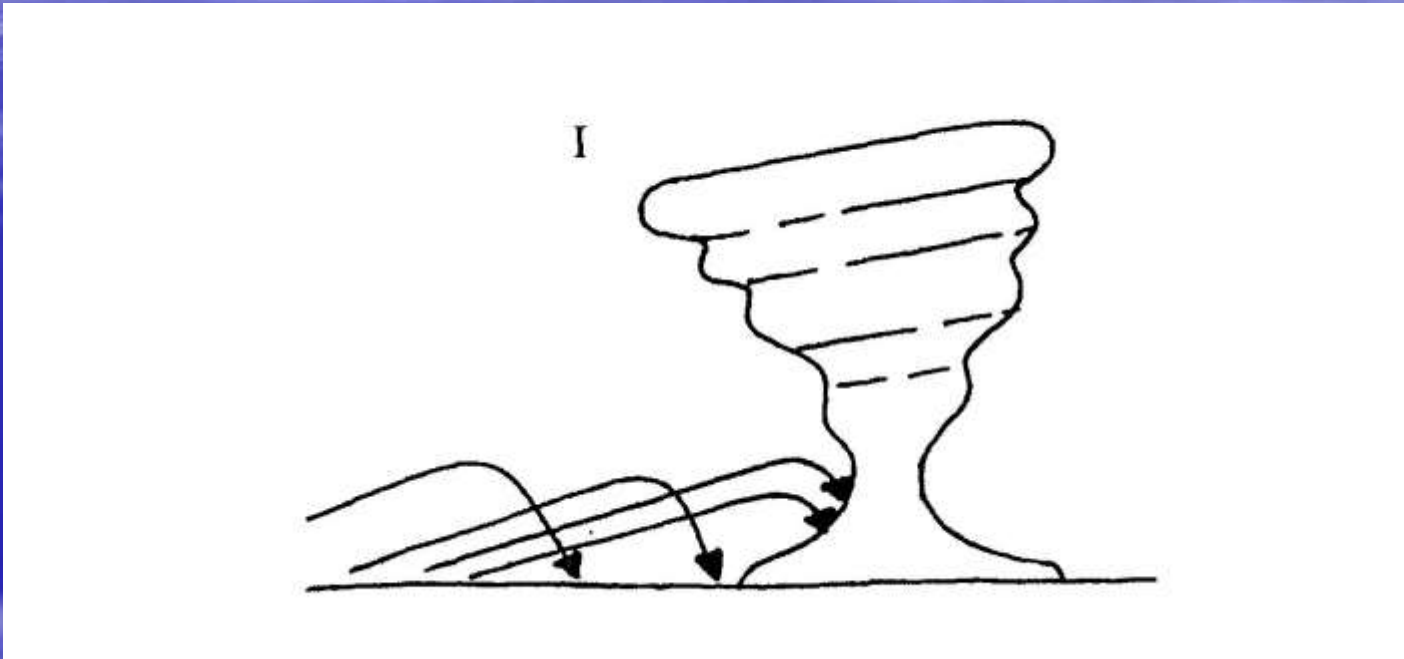
Еолові процеси.

- Бороздкова **дефляція** виникає у щілинах, коліях доріг, де з тих чи інших причин розкриті корінні породи і, як правило, різко збільшується швидкість вітру - виникає «протяг». Наслідки бороздкової дефляції дуже вражаючі. Наприклад, в Середній Азії окремі шляхи заглиблені до 6 м, а в Китаї існують каньйоноподібні дороги, які досягають глибини 30 м і більше.

Болові процеси.

- **Стільникове або комірчасте вивітрювання** являє собою вибірккову дефляцію на крутих схилах виходів корінних порід. З них видуваються продукти вивітрювання мінералів та порід, які легко вивітрюються. В породі утворюються впадини в поперечнику від 0,5 до 50 см, які можуть розміщуватись у певному порядку і нагадують бджолині стільники, або хаотичне комірчасте вивітрювання.

Еолові процеси.



Коразія. Піщинки, переміщуючись стрибками(сальтація), обточують виступи гірських порід.

Еолові процеси.



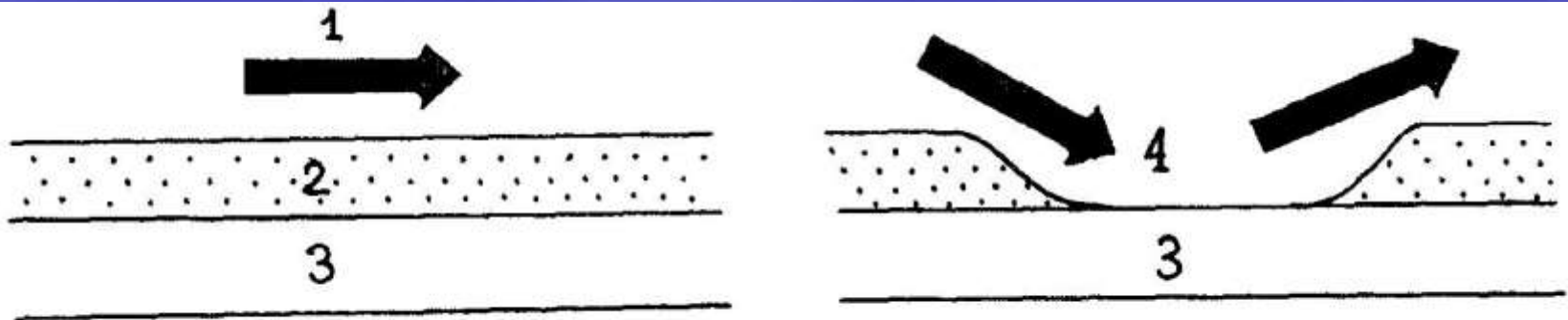
- Наслідки діяльності вітрової ерозії. Тімна(Ізраїль).

Еолові процеси.



Відпрепаровані
вітровою
ерозією останці.
Район пустелі
Аризона-Нью-
Мексико(США).

Еолові процеси.



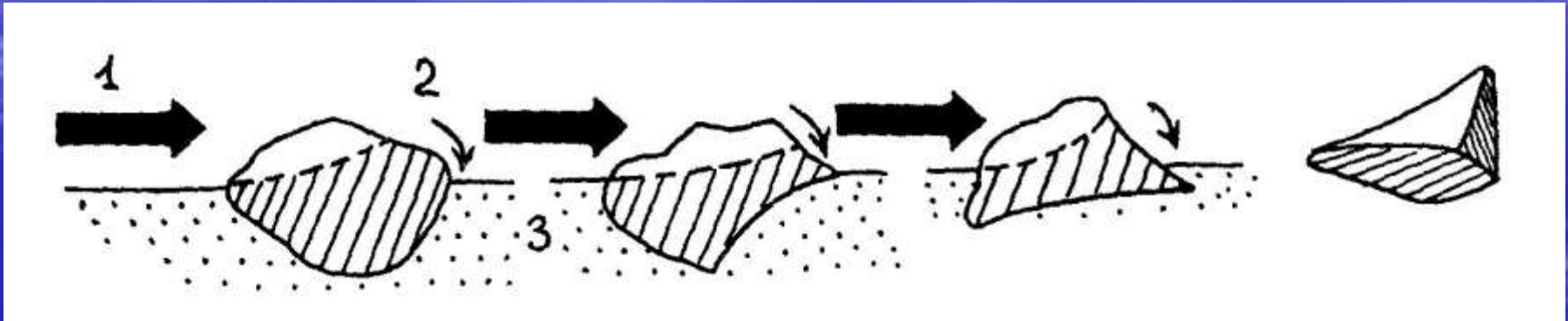
Утворення котловин видування:

- 1-вітер;
- 2-пісок;
- 3-зволожений ґрунт;
- 4-котловина видування.

Еолові процеси.

- **Коразія** являє собою процес обточування гірських порід та мінералів твердим матеріалом у вигляді різних уламків, які переносяться повітрям, льодом, водою. Вітрова коразія має велику силу. Вона нагадує піскоструменевий апарат. Мільярди піщинок дряпають гірські породи мільйони років, змінюючи поверхню Землі. Разом з дефляцією та вивітрюванням корозія приводить до утворення різких форм окремоті.
- Уламки гірських порід та мінералів, які лежать па поверхні Землі і на які тривало діє коразія, перетворюються у драйкантори - камені з декількома (у більшості випадків трьома) гранями та згладженими ребрами.
- Внаслідок коразії, що діє разом з дефляцією, в щільних глинах та алевритах, які добре утримують вертикальні стінки, утворюються ярданги - вузькі, витягнуті паралельно пануючому вітру урвища, розділені острівними гребенями.

Еолові процеси.



Формування драйканторів(вентифакторів):1-вітер, 2-перекидання каменю, 3-пісок, що переміщується, обточує і полірує поверхню каменю.

Еолові процеси.

- **Транспортуюча здатність вітру.** Чим більша швидкість вітру, тим більші уламки він може переносити. Вітер з швидкістю 6,5 м/с переносить пилюку та дрібний пісок, а вітер з швидкістю 20 м/с переносить уламки до 5 мм. У штаті Канзас (США) в 1920 році вітром на велику відстань був перенесений будинок початкової школи разом з дітьми та вчителькою. На щастя, всі залишились живими. В 1904 році (29 червня) смерч в Москві підняв городового на 4 м, переніс його на 100 м і кинув на землю в саду його начальника генерал-губернатора. На початку ХХ століття був зафіксований випадок перенесення паровоза вітром на декілька десятків метрів. Під дією вітру нерідко з дощами випадають різні предмети, які вітер підняв у повітря. Наприклад, в 1914 році у Франції випав дощ із жаб, в 1940 році в с. Мещери, що біля Нижнього Новгороду із старовинних срібних монет. Вітер інколи переносить уламки гірських порід на відстані в сотні і тисячі кілометрів (із пустель Афганістану в Каракуми, із Сахари в Атлантику). Пилова або піщана буря - це такий же транспортний агент, як і річка. В порівнянні з великою річкою пилова буря - гігант серед потоків, які несуть уламковий матеріал. Ширина такого потоку 300-500 км в порівнянні з 2-3 км ширини великих річок.

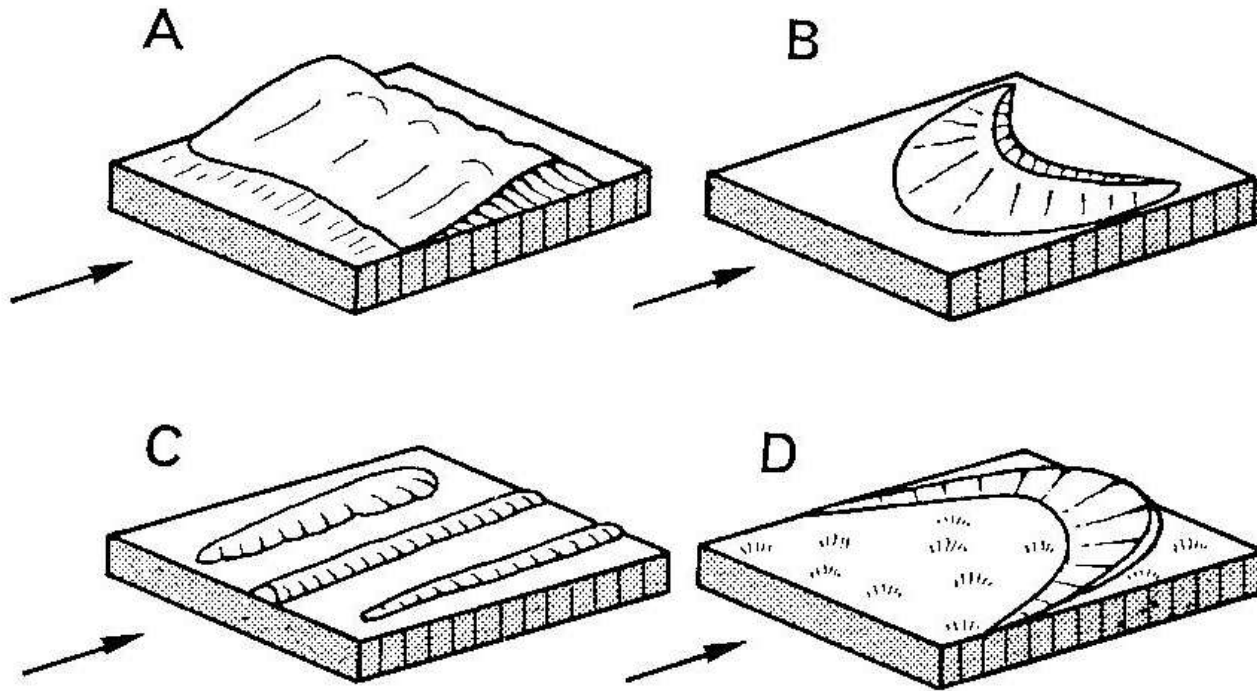
Еолові процеси.

- Вітер відіграє також велику акумулюючу роль. Матеріал, який переносить вітер, із зменшенням його швидкості починає осідати на землю. Спочатку це великі уламки, щебінь, пісок, потім - дрібний пісок та пилюка. Найдалше переносяться глинисті частинки. Розвіювання глинистих пустель, пов'язаних з льодовиками, приводять до утворення лесу.
- **Леси** - це пилюваті еолові відкладення, які складаються із найдрібніших глинистих частинок кварцу та кальциту з «журавчиками» - вапняковими конкреціями різноманітної форми та з тонкими вертикальними каналами, які є слідами засипаних стовбурців трави. Леси дуже родючі, їх багато в Китаї, в Середній Азії та в Україні. Товщина лесових пластів часом сягає до 100 м. Лесовидні суглинки зустрічаються досить часто. Як леси, так і лесовидні суглинки в сухому стані добре тримають вертикальні стінки.

Еолові процеси.

- На берегах морів, озер та річок завжди знаходиться багато піску. Вітер переносить цей пісок і перед якою-небудь перепорою починає виростати горб. Потім сам горб стає перепорою і продовжує рости, перетворюючись в **дюну** - асиметричну гірку з похилим навітряним та більш крутим підвітряним схилом (близьким до кута природнього відкосу). Висота дюн, як правило, становить 5-30 м, іноді досягає 100 м. Дюни сполучаються і формуються в дюнні гряди, які розміщені перпендикулярно до напрямків пануючих вітрів. Вони весь час переміщуються за вітром зі швидкістю 1 -20 м/год., але інколи до 3 м/добу. Найближча до берега дюнна гряда називається передовою, з часом вона переміщується в глибину континенту, а на її місці виникає нова. На древніх пляжах може нараховуватись понад 10 таких гряд. Найбільші дюни утворюються на берегах морів. Озерні та річкові дюни значно менші. Відомий випадок, коли в 1839 році в Прибалтиці дюна повністю засипала церкву, а через 30 років вивільнила її.

Еолові процеси.



Форми дюн(за М.Шварцбахом, 1954): А- Поперечна дюна. В-Бархан. С- Дюна поздовжня. D- Параболічна дюна.

Еолові процеси.



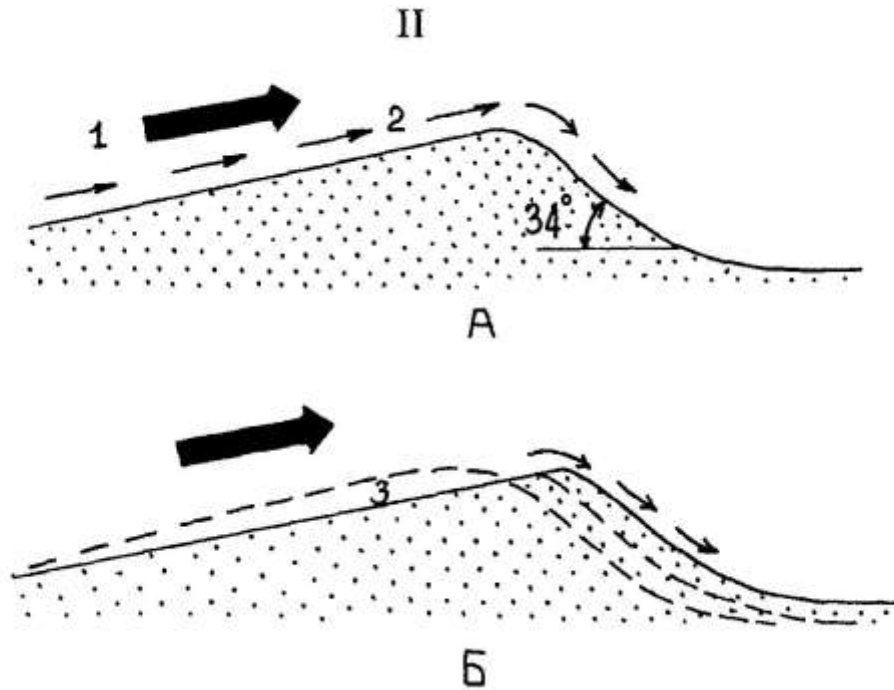
Namib Dunes

Дюни на узбережжі
Атлантичного океану.
Пустеля Наміб.
Південна Африка.

Еолові процеси.

- В піщаних пустелях процес утворення горбів, аналогічних дюнам, призводить до утворення **барханів** - горбів, які нагадують напівмісяць. Своєю появою «роги» зобов'язані зриву повітряних потоків в лобовій частині бархана та виникненням завихрення в протилежній стороні, якого обернена туди, звідки дує вітер. Переміщуються бархани за вітром досить швидко, до 200 м/год. Широко розвинені в піщаних пустелях лрядоподібні вали, які витягнуті паралельно пануючим вітрам на десятки і сотні кілометрів. Характерним є те, що рельєф піщаних горбів, дюн та барханів ускладнюється еоловим рябінням - валиками, які утворюють серповидно-зігнуті ланцюжки, що нагадують брижі від вітру на воді. Еолові брижі розміщується перпендикулярно до напрямку вітру. Відбувається це явище за рахунок сортування великих та малих піщинок.

Еолові процеси.



А . Утворення бархану. 1- вітер, 2-пісок, 34°- кут природного відкосу сипких тіл-підвітряний схил .

Б. Переміщення бархану(пунктир). 3-зона вітрової ерозії піску.

Еолові процеси.

- Бархани.
Пустеля Наміб.



Еолові процеси.



- Бархани. На їх поверхні помітні брижі. Пустеля Наміб.

Еолові процеси.



- Бархани з ксерофітною рослинністю. Пустеля Наміб.

Еолові процеси.



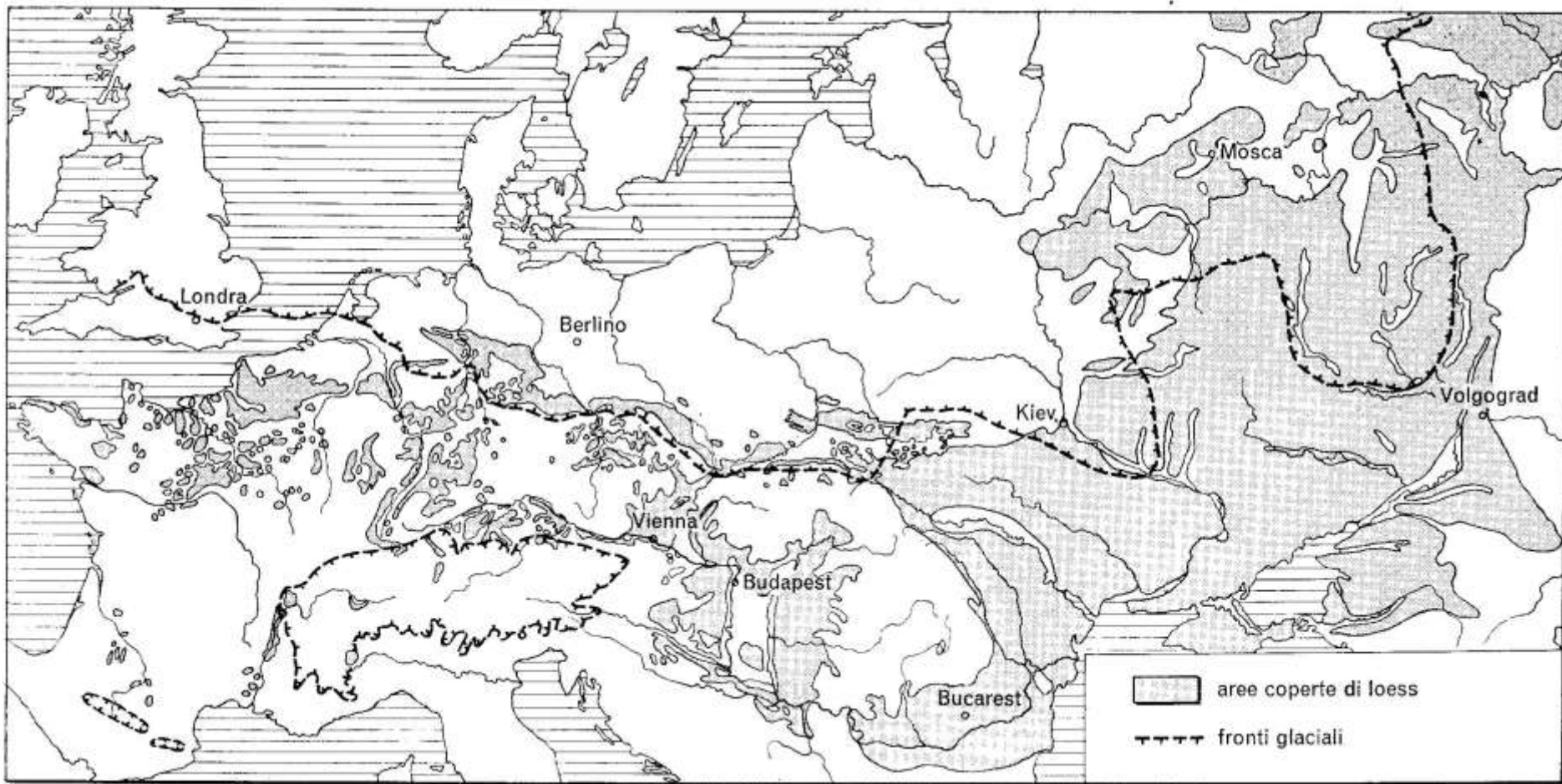
Лесові породи.
Атлас.

Еолові процеси.

- Лесові породи. Атлас.



Еолові процеси.



Поширення лесових порід в Європі(за Грахманом, 1932).Пунктиром показано фронт поширення льодовика у плейстоцені.

Еолові процеси.

- З геологічною діяльністю вітру пов'язано утворення більшості пустель. Значну роль у цьому процесі відіграє сухий клімат з різкими змінами температури та сильними вітрами. Розрізняють пустелі **дефляційні та акумулятивні**. **Дефляційні** пустелі являють собою ділянки поверхні землі, з яких вітрами видуються всі дрібні уламки, пісок, глини та ґрунти. Акумулятивні пустелі - це ті, в яких відбувається накопичення зруйнованого та хемогенного матеріалу.
- Дефляційні пустелі утворюються або високо в горах, у вигляді гористих пустель, або на плоскогір'ях - це **кам'янисті пустелі або гамади** Центральної Азії, Сахари та інших місць. Дефляційні пустелі являють собою нагромадження глиб гірських порід різних розмірів з широко розвиненим «пустельним загаром». В таких пустелях життя закріпитися не може, тому що все, для нього необхідне, видуюється вітром.

Еолові процеси.



- Високогірна пустеля (Атлаські гори)

Еолові процеси.

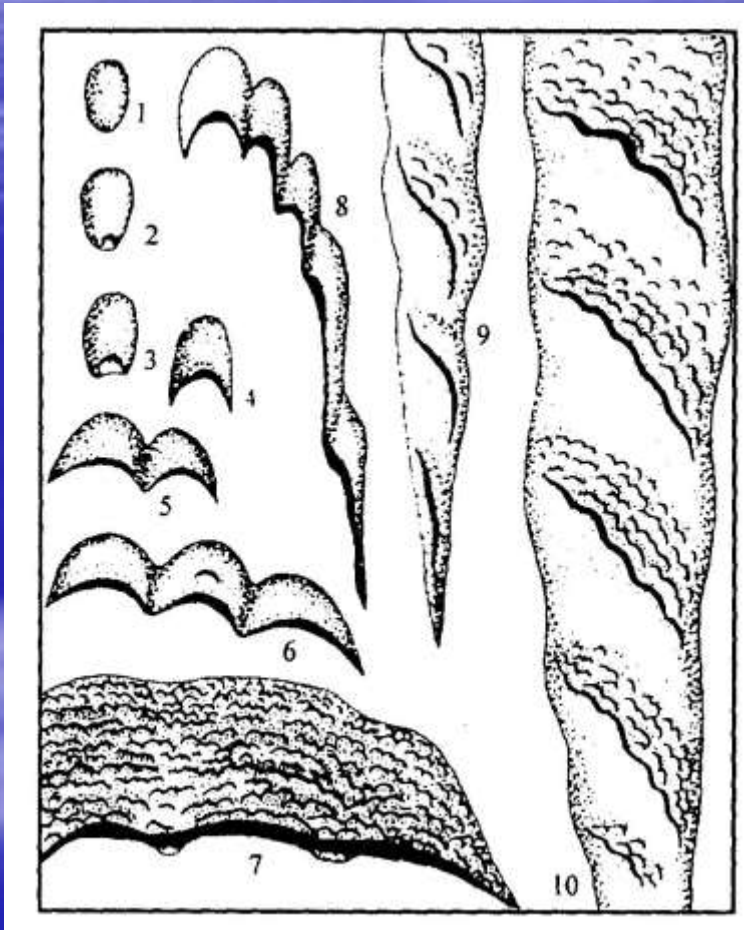


- Аравійська гамада

Еолові процеси.

- **Акумулятивні пустелі** займають значно більшу площу, ніж дефляційні. Найбільші з них - **піщані**, складені добре відсортованими кварцовими пісками. Але не всі акумулятивні пустелі мають еолове походження. Наприклад, Каракуми зобов'язані своїм утворенням тривалому накопиченню річкового алювію великих річок: Пра-Амудар'ї (тоді вона впадала в Каспійське море), пра-Теджена та пра-Мургаба. Але для всіх піщаних пустель характерними є еолові процеси, які протікають на поверхні - утворення барханів, барханних пасм, грядоподібних валів. До акумулятивних пустель належать і більш дрібні пустелі: глинисті, **солончакові, лесові та зандри**. Перераховані пустелі мають площу, яка не перевищує декілька сот квадратних кілометрів. **Глинисті пустелі** зустрічаються по окраїнах та всередині піщаних пустель, а також на берегах морів та озер. Вони складені глиною, яка висихає в суху пору року і стає непрохідною в дощ. В Середній Азії такі пустелі називають **такирами**. Характерною особливістю таких пустель є полігональна тріщинуватість, яка покриває поверхню засохлої глини. Часто відбувається загартування країв верхнього шару глини. Подібне до того, відбувається при висиханні калюж. В жарку погоду поверхня такирів покривається плівкою солей.

Еолові процеси.



- Схема розвитку основних форм рельєфу оголених пісків(за Б.А.Федоровичем): 1- барханний коржик(щитовидна дюна), 2-ембріональний бархан, 3-молодий бархан, 4-напівмісячний бархан , 5- парний бархан , 6- барханний ланцюг, 7-крупний комплексний барханний ланцюг, 8-груповий бархан, що переходить в поздовжнє до вітру барханне пасмо, 9- барханне поздовжнє пасмо з діагональними ребрами, 10-крупне поздовжнє пасмо з комплексними діагональними ребрами.

Еолові процеси.



- Відклади солі на поверхні пустельних ґрунтів. Шатт-Ель-Джерид.

Еолові процеси.

- Солончакові пустелі мають назву шори і являють собою висохлі соляні озера. У формуванні таких пустель вітер практично участі не бере. По периферії піщаних пустель часто зустрічаються безжиттєві висохлі ділянки, складені лесами з дуже нерівним рельєфом у вигляді урвищ. В Середній Азії такі лесові пустелі називають **адирами**. **Шори або солончаки** - це висохлі соляні озера, такі, як Сарикамишські або Урало-Ембінські. Вітер у формування таких пустель участі практично не бере. До пустель належать і конуси виносу талих вод льодовиків - зандрові поля.

Еолові процеси.

- Бедленд (Сирія)



Еолові процеси.



- Солончак,
(Аравія)